

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-150107

(43)Date of publication of application : 18.06.1993

(51)Int.Cl.

G02B 5/18

(21)Application number : 03-312655

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 27.11.1991

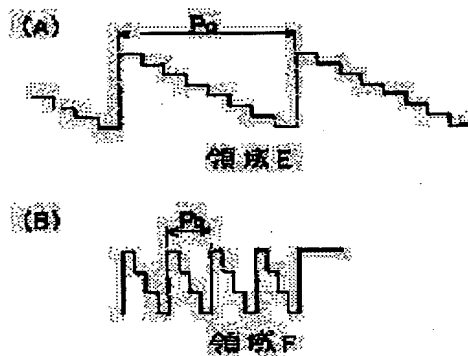
(72)Inventor : ISHII TETSUYA

## (54) IRREGULARLY SPACED DIFFRACTION GRATING

## (57)Abstract:

PURPOSE: To improve diffraction efficiency under the limitation of the min. plotting size by a producing apparatus.

CONSTITUTION: The gratings are formed of 4 stages of staircase shapes to an approximately saw tooth shape at the narrow inter-grating spacing  $P_b$  near the outermost periphery of the diffraction type lens consisting of the irregularly spaced diffraction gratings. The gratings are formed of 8 stages of the staircase shapes to the approximately saw tooth shape at the relatively wide inter-grating spacing  $P_b$  near the center. The min. working size is larger than the staircase width of the inter-grating spacing  $P_b$ . As a result, the diffraction efficiency of the grating region increased in the number of the staircases is improved and the improvement in the diffraction efficiency over the entire part of the lens and the decrease in detrimental light are attained. The performance of the irregularly spaced diffraction gratings and the degree of freedom in designing the diffraction gratings are improved under the present fine working technique.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 5 - 1 5 0 1 0 7

(43) 公開日 平成 5 年 (1993) 6 月 18 日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>  
G02B 5/18

識別記号

庁内整理番号  
7724-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平 3 - 3 1 2 6 5 5

(22) 出願日 平成 3 年 (1991) 11 月 27 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 0 3 7 6

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号

(72) 発明者 石井 哲也

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オ

リンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 篠原 泰司 (外 1 名)

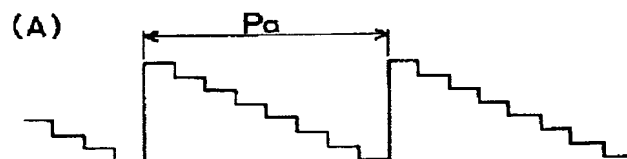
(54) 【発明の名称】 不等間隔回折格子

(57) 【要約】

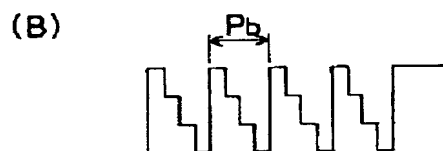
【目的】 製造装置による最小描画寸法の制限の下で、回折効率を向上させることである。

【構成】 不等間隔回折格子による回折型レンズの最外周付近の狭い格子間隔  $P_b$  で、格子を 4 段の階段形状で略鋸歯形状に形成する。中心付近の比較的広い格子間隔  $P_a$  で、格子を 8 段の階段形状で略鋸歯形状にするが、最小加工寸法は格子間隔  $P_b$  の階段幅より大きい。

【効果】 階段数を多くした格子領域の回折効率を向上でき、レンズ全体の回折効率の向上と有害光の減少を達成できる。現在の微細加工技術の下で、不等間隔回折格子の性能と回折格子の設計の自由度を向上できる。



領域 E



領域 F

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】階段形状によって鋸歯形状に近似させた格子断面を有する不等間隔回折格子において、少なくとも 2 か所の前記格子領域で階段形状の段数が互いに異なることを特徴とする不等間隔回折格子。

【請求項 2】格子間隔の広い前記格子領域における階段形状の段数が、格子間隔の狭い前記格子領域における階段形状の段数より多くなっていることを特徴とする請求項 1 に記載の不等間隔回折格子。

## 【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】本発明は、階段形状によって鋸歯形状に近似させた格子断面を有する不等間隔回折格子に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】近年、回折光学素子が広汎な分野で利用されており、これにつれてより回折効率の高い回折格子が要求されてきている。図 3 は、レンズ作用を持つように、格子の間隔が一律でなく適切に調整された同心円状の不等間隔回折格子によって構成された回折型レンズを、正面から見た図である。このような不等間隔回折格子がレンズとして機能するためには、同心円の外周付近における回折角が内周付近の回折角より大きくなるようにする必要がある。これを実現するためには、外周領域の格子間隔を内周領域の格子間隔より小さく形成する必要がある。

【 0 0 0 3 】この回折型レンズの回折格子パターン面の断面形状を鋸歯状に加工した場合の断面図が図 4 に示されている。同図 (A) は同心円の中心付近の領域 E における回折型レンズの部分断面図を示すものであり、その格子間隔  $P_a$  は十分に大きい。又、同図 (B) は最外周の領域 F における回折型レンズの部分断面図を示すものであり、その格子間隔  $P_b$  は最も小さくなっている。そして、この図のように、各格子の断面形状が完全に鋸歯状であると、ブレイズ条件を満足する波長において 1 0 0 % 近い回折効率が得られることになる。

【 0 0 0 4 】しかしながら、回折格子は非常に微細なものであり、1 mm の間隔に数千以上の格子を形成するものであるから、その断面形状をこのように完全に鋸歯状に形成することは技術的に不可能である。従って、格子断面を階段状に形成することで鋸歯形状に近似させ、回折効率をできるだけ向上させるようにしている。そして、回折効率を上げるために断面形状を鋸歯状により近い形状に加工した回折格子に関する提案が種々なされている。例えば、特開平 2 - 1 1 0 9 号公報では、等間隔の回折格子の個々の格子断面を 8 段の階段形状に形成することによって近似的に鋸歯形状に構成している。そして、この構造の回折格子を実現する方法として、レーザーライターを用いたフォトリソグラフィプロセスを 3 回実行する方法が開示されている。このように、微細な

2

略鋸歯状の断面形状を有する回折格子を製作するために、フォトリソグラフィの手法が広く用いられ、回折効率を向上させるために断面形状を鋸歯状に近づける工夫がなされている。

【 0 0 0 5 】しかしながら、この従来技術における回折格子は、格子が等間隔に形成されたものである。不等間隔回折格子はその領域によって格子間隔が異なっているから、特に格子間隔が狭い領域等との関係でこの構造をそのまま採用することはできない。従来の不等間隔回折格子による回折型レンズは、図 5 に示すように構成されている。即ち、従来のこの種回折型レンズは、回折格子の全領域の格子を夫々 4 段の階段によって鋸歯形状に近似させて構成しており、同図 (A) に示す同心円の中心付近の領域 E においては、その格子間隔  $P_a$  は十分に大きく、又、同図 (B) に示す最外周の領域 F におけるその格子間隔  $P_b$  は最も小さくなっている。そのため、この二つの領域で各階段の段の幅は大きく異なっている。鋸歯形状をこのように近似的に形成した場合、その集光効率は上述の理想的な不等間隔回折格子の回折型レンズと比較して 8 1 % にまで低下してしまう。

【 0 0 0 6 】理論的には 1 つの格子間隔における階段の段数を増加させれば集光効率を上げることができるが、実際にフォトリソグラフィで回折格子を製作する場合には、加工上の限界が生じる。例えば、レーザービームを用いてレジストパターンを描画する場合、微細パターンの描画の限界はレーザービームのスポットの径によって決定される。つまり、階段形状で鋸歯形状に近似させる場合の段数の上限は、(格子間隔と) 1 段分の幅がレーザービームのスポット径と比較して同程度以上という条件によって決まる。従って、実際の不等間隔回折格子の製作においては、回折効率が低下して回折格子の光学的特性が不十分であるにも係わらず、階段の段数を或る一定数以上には増やすことができないのが普通である。

【 0 0 0 7 】階段の段数がこのように製造装置の加工上の限界から決定されている状態の下で、階段の段数、即ち回折効率を制限しているのは、図 5 (B) に示すような、格子間隔がより小さく且つより微細な加工が要求される最外周付近のパターンである。この場合、鋸歯形状の格子間隔を 4 段の階段で近似的に形成するようにした回折型レンズの最小加工寸法は、格子間隔が最も小さくなる最外周の領域 F における格子間隔  $P_b$  を用いて示すと、 $P_b / 4$  程度になる。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】ところで、回折効率の低い回折格子では、所望の次数以外の多くの次数で生成される回折光が無視できない強度をもっている。この不要の回折光はしばしば有害光として作用し、回折格子或いはその回折格子を含む光学系全体の性能を劣化させる原因となっている。鋸歯形状を階段で近似的に形成する場合においては、階段の 1 段分の幅をより小さくして段

10

20

30

40

50

数を増やすことによって、階段はより鋸歯形状に近くなり、より高い回折効率を得ることができる。しかし、フォトリソグラフィの手法によってこのような階段形状を製作する場合、製造装置によって最小描画寸法に限界があるため、1つの格子間隔内で作製可能な階段の段数に制限がある。

【0009】本発明は、このような課題に鑑みて、回折格子製造の際における上述のような最小描画寸法の制限があっても、回折効率を向上できて、回折格子の性能を向上できる不等間隔回折格子を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段及び作用】不等間隔回折格子において、上述のような製造装置による階段の段数の制限は、必ずしも回折格子の全領域で一様ではなく、格子間隔の広い領域では更に階段の段数を増やす加工上の余裕がある。本発明はこの点に着目してなされたものであり、本発明による不等間隔回折格子は、階段形状によって鋸歯形状に近似した格子断面を有するようにした不等間隔回折格子において、少なくとも2か所の格子領域で階段形状の段数が互いに異なることを特徴とするものである。格子間隔の広い格子領域における階段形状の段数が、格子間隔の狭い格子領域における階段形状の段数より多くなっている。

【0011】格子領域の位置に応じて階段の段数を異ならせることで、より一層鋸歯形状に近似させることができ、回折効率が向上する。特に、格子間隔の広い格子領域で階段の段数を増加させてより一層鋸歯形状に近似させることにより、回折格子全体の回折効率を向上させることができる。

【0012】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例を図1に基づいて説明する。図1は回折型レンズの回折格子の要部拡大断面図を示すものである。同図(A)に示す回折格子の中心付近の領域Eでは、1つの格子間隔Paの略鋸歯形状を形成する階段形状は、従来技術における4段から8段の階段に増加されている。又、同図(B)に示す回折格子の最外周付近の領域Fでは、1つの格子間隔Pbの略鋸歯形状を形成する階段形状は、従来技術と同様に4段の階段で構成されている。

【0013】ここで、中心付近の領域Eにおける格子間隔Paと最外周付近の領域Fにおける格子間隔Pbとの関係を、 $Pa > 2 \times Pb$ として設定すると、領域Eの格子間隔Paを8段の階段で形成したときの階段の幅即ち最小加工寸法は $Pa / 8 > Pb / 4$ となる。従って、この条件を満足する領域Eより内側の領域で、8段の階段によって略鋸歯形状の格子を設定するための最小加工寸法は、最外周付近を4段の階段で形成した場合の最小加工寸法 $Pb / 4$ より大きくなる。従って、上述のような条件を満足する領域、即ち格子間隔Pが $P > 2 \times Pb$ な

る条件を満足する輪帯より内側の領域では、図5のように構成された従来の回折型レンズが製作の限界であった製造装置を用いても、8段の階段による略鋸歯形状領域の製作が可能になり、本実施例に示すような回折格子の回折型レンズを容易に実現することができる。中心付近の領域Eで、1つの格子間隔の鋸歯形状を8段の階段形状で近似的に構成した場合のその領域での回折効率は95%であるから、階段形状の段数を8段にした領域では、回折効率が14%向上し、集光効率が向上したことになる。

【0014】上述のように本実施例によれば、従来の回折格子の製造装置を用いて部分的に鋸歯形状を8段の階段形状で近似的に形成できて、レンズ全体での回折効率の向上と有害光の低減を達成できる。そのため、従来、製作上の障害となっていた微細加工の限界の問題が改善され、回折格子の設計の自由度が増大し、これを用いてより高性能な光学系の開発が可能になる。

【0015】次に、本実施例による回折型レンズを利用した光学系の構成例を、図2によって説明する。図2は、本実施例による回折型レンズを利用した投影光学系の構成図であり、物体1は照明系2で照明されることによって、回折光3を発生させる。回折光3は中心(光軸)付近の0次回折光部分3aとその外周領域の0次回折光以外の回折光部分3bとから成る。物体1の照明系2と反対側には複数のレンズを有する投影レンズ4が配置され、その瞳位置には本発明の実施例である回折型(凸)レンズ5が位置している。又、回折型レンズ5に隣接した物体1側には光束3を制限する絞り6が配置されており、投影レンズ4によって、物体1の像が像面7

に投影されるようになっている。

【0016】ここで、回折型レンズ5の像面7側に設けられた回折格子パターン面5aは、鋸歯形状が8段の階段形状によって近似的に形成されている中心領域Cと、その外周の鋸歯形状が4段の階段形状によって近似的に形成されている周辺領域Dとから構成されている。そして、少なくとも物体1の0次回折光部分3aは回折格子パターン面5aの光軸付近の中心領域Cを透過し、0次回折光以外の回折光部分3bは中心領域Cの外側の周辺領域Dを透過することになる。又、回折型レンズ5は、その前後の光学系と相まって投影レンズ4全体の収差バランスを良好に保つ働きを有している。

【0017】本実施例は上述のように構成されているから、照明系2の照明で照射されて物体1で生成された回折光3は、絞り6でその0次回折光以外の回折光部分3bが制限されて、回折型レンズ5を含む投影レンズ4を通過して、像面7上に物体像が結像される。

【0018】ここで、回折型レンズ5に関して、回折格子パターン面5aの周辺領域Dでは、略鋸歯形状の階段の段数が中心領域Cの段数より少ないため、回折効率が領域Cより劣っている。そのため、この領域Dでは、所

望の回折次数以外の回折光がフレアを作り、像面 7 上で像のコントラストを低下させる有害光になり得る。しかし、領域 D を通過する光束 3 b のエネルギーは、中心付近の光束 3 a のエネルギーと比較して圧倒的に小さい。即ち、物体 1 による回折光強度は、0 次回折光が他の回折光強度と比較して圧倒的に大きいため、全ての 0 次回折光を含む光束 3 a のエネルギーと比べて、0 次回折光を全く含まない周辺領域 D を通過する光束 3 b のエネルギーは圧倒的に小さくなる。従って、周辺領域 D で生成される有害光のエネルギーは事実上無視できる程度の僅かなものであるから、像コントラストが低下させられることはない。

【0019】 上述のように、本実施例によれば、本発明による回折型レンズ 5 を配置することによってフレアの影響をほとんど受けず且つ集光効率を向上できて、より鮮明な像を投影することができる。

【0020】 尚、上述の実施例では回折型レンズ 5 をレンズ系の瞳位置に配置させたが、これに限定されることなく、回折型レンズ 5 は投影レンズ 4 の瞳位置と異なる位置に配置させることも可能である。しかし、この場合、光束 3 a の通過する領域と比較して光束 3 b の通過する領域の面積が相対的に大きくなるため、周辺領域 D が中心領域 C に対して相対的に縮小されることになる。このため、階段の段数が少なく製作容易な周辺領域 D が減少すると共に階段の段数が多い中心領域 C が増大することになり、製造コストの上昇を来すことになる。そのため、回折型レンズ 5 は投影レンズ 4 の瞳位置近傍に配置することが最も好ましい。

【0021】 尚、上述の実施例では、回折型レンズの回折格子パターン面に関して、周辺領域 D を 4 段の階段形状に、又、中心領域 C を 8 段の階段形状に構成したが、

これに限定されることなく夫々適宜数の異なる階段数を設定でき、要するに周辺領域の 1 つの格子間隔の階段数と中心領域の 1 つの格子間隔の階段数とが異なるように構成すればよい。

【0022】

【発明の効果】 上述のように本発明による不等間隔回折格子は、少なくとも 2 か所の格子領域で階段の段数を異ならせて鋸歯形状に近似して構成するようにしたから、従来、製作上の障害となっていた微細加工の限界の問題が改善され、階段形状によって鋸歯形状に近似した断面形状を有する回折格子の光学的性能を容易に向上させることができる。これによって、回折格子の設計の自由度が増大するから、この回折格子を利用したより高性能な光学系の開発が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例である回折型レンズの部分断面図を示すものであり、(A) は中心付近の断面図、(B) は最外周付近の断面図である。

【図 2】 本発明の実施例である回折型レンズを用いた投影光学系の概略構成図である。

【図 3】 一般的な回折型レンズの概略正面図である。

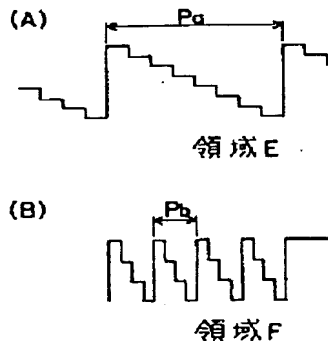
【図 4】 理想的な回折格子パターン面を有する回折型レンズの部分断面図であり、(A) は中心付近の断面図、(B) は最外周付近の断面図である。

【図 5】 従来の不等間隔格子の回折型レンズの部分断面図であり、(A) は中心付近の断面図、(B) は最外周付近の断面図である。

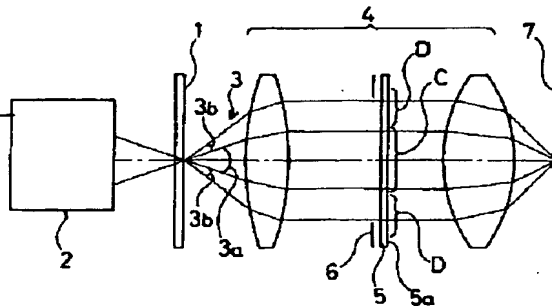
【符号の説明】

5 回折型レンズ  
C 中心領域  
D 周辺領域

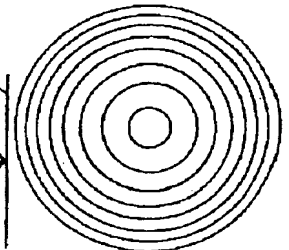
【図 1】



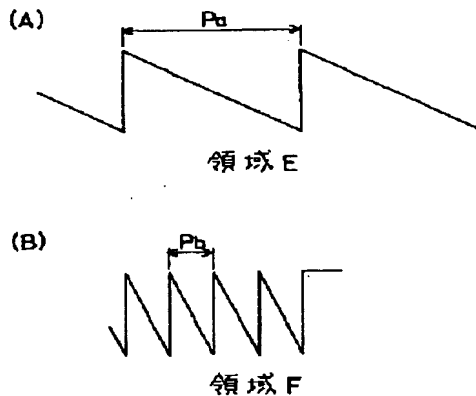
【図 2】



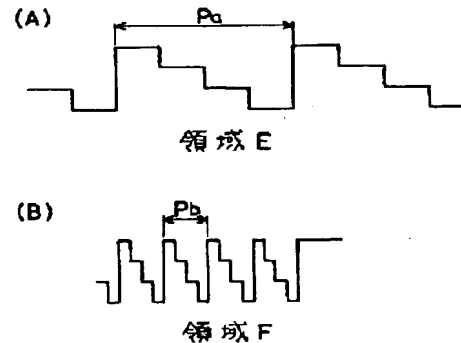
【図 3】



【図 4】



【図 5】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 4 年 3 月 1 6 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 4

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0 0 0 4】しかしながら、回折格子は非常に微細なものであり、1 mm の間隔に数千以上の格子を形成するものであるから、その断面形状をこのように完全に鋸歯状に形成することは技術的に不可能である。従って、格子断面を階段状に形成することで鋸歯形状に近似させ、回折効率をできるだけ向上させるようにしている。そして、回折効率を上げるために断面形状を鋸歯状により近い形状に加工した回折格子に関する提案が種々なされている。例えば、特開平 2 - 1 1 0 9 号公報では、回折格子の個々の格子断面を 8 段の階段形状に形成することによって近似的に鋸歯形状に構成している。そして、この構造の回折格子を実現する方法として、レーザーライターを用いたフォトリソグラフィプロセスを 3 回実行する方法が開示されている。このように、微細な略鋸歯状の断面形状を有する回折格子を製作するために、フォトリソグラフィの手法が広く用いられ、回折効率を向上させるために断面形状を鋸歯状に近づける工夫がなされている。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 5

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0 0 0 5】この方法を適用した従来の不等間隔回折格子による回折レンズの構成を図 5 に示す。従来のこの種の回折型レンズは、回折格子の全領域の格子を夫々 4 段の階段によって鋸歯形状に近似させて構成しており、同図 (A) に示す同心円の中心付近の領域 E においては、その格子間隔  $P_a$  は十分に大きく、又、同図 (B) に示す最外周の領域 F におけるその格子間隔  $P_b$  は最も小さくなっている。そのため、この二つの領域で各階段の段の幅は大きく異なっている。鋸歯形状をこのように近似的に形成した場合、その集光効率は上述の理想的な不等間隔回折格子の回折型レンズと比較して 8 1 % にまで低下してしまう。

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 0

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0 0 2 0】尚、上述の実施例では回折型レンズ 5 をレンズ系の瞳位置に配置させたが、これに限定されることなく、回折型レンズ 5 は投影レンズ 4 の瞳位置と異なる位置に配置させることも可能である。しかし、この場合、少なくとも物体からの 0 次回折光が通過する領域の面積が相対的に大きくなるため、周辺領域 D が中心領域 C に対して相対的に縮小されることになる。このため、階段の段数が少なく製作容易な周辺領域 D が減少すると共に階段の段数が多い中心領域 C が増大することになり、製造コストの上昇を来すことになる。そのため、回折型レンズ 5 は投影レンズ 4 の瞳位置近傍に配置することが最も好ましい。